

## سوال ب - 1:

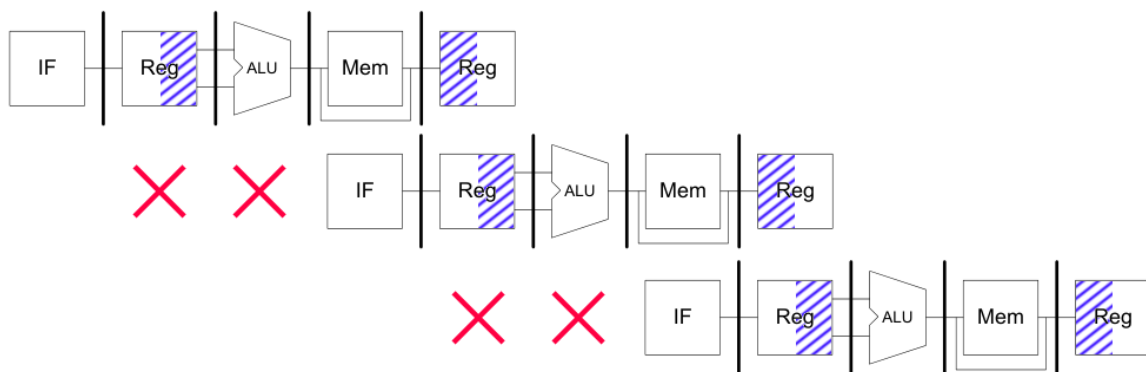
با توجه به تاخیرهای داده شده، در حالت Single Cycle به کلاک با دوره تناوب 8ns نیاز داریم.

$$2 + 1 + 2 + 2 + 1 = 8ns$$

در این حالت اجرای 100 دستور به **800ns** =  $100 \times 8$  زمان نیاز دارد.

در حالت Pipeline طول کلاک به اندازه بیشترین تاخیر یک واحد خواهد بود و در نتیجه برای این نوع پیاده‌سازی نیاز به کلاک با دوره تناوب 2ns داریم.

با توجه به اینکه از Data Forwarding استفاده نمی‌شود و هر دستور به دستور قبلی وابستگی داده‌ای دارد، دستورات به شکلی وارد پایپ‌لاین می‌شوند که فاز ID دستور جدید با فاز Reg (WB) دستور قبلی همزمان شود. در نتیجه در زمان ورود هر دستور، پایپ‌لاین برای مدت 2 کلاک Stall می‌شود. در واقع می‌توان گفت دستورات به شکل زیر وارد پایپ‌لاین می‌شوند:



در این حالت، اجرای دستور اول 5 کلاک زمان می‌برد و به ازای هر دستور دیگری 3 کلاک اضافه می‌شود. در نتیجه زمان کل انجام دستورات به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

$$(5 + 3 \times 99) \times 2 = \mathbf{604ns}$$

میزان تسریع Pipeline به Single Cycle برابر با  $1.32 = \frac{800}{604}$  خواهد بود.

## سوال ب - 2:

فرض میکنیم از  $n$  دستور،  $m$  تای آنها دستورات پرش اند و پایپلاین ما  $K$  مرحله دارد.

برای اولین دستور  $K$  کلاک نیاز داریم. بعد از آن، اگر دستور فعلی پرش نباشد، دستور بعدی در کلاک بعدی وارد پایپلاین می شود. اما در حالتی که دستور فعلی پرش باشد، دستور بعدی پس از 3 کلاک وارد پایپلاین می شود. در نتیجه زمان اجرای  $n$  دستور به شکل زیر محاسبه میشود:

$$T_{\text{pipeline}} = KT + mKT + (n - m - 1)T$$

( $KT$  برای دستور اول،  $mKT$  برای دستور پرش، و  $T$  برای باقی دستورات)

حالت سه مرحله ای  $K = 3$ :

$$3T + 0.2n \cdot 3T + (n - 0.2n - 1)T = 1.4nT + 2T$$

حالت چهار مرحله ای  $K = 4$ :

$$4(0.9T) + 0.2n \cdot 4(0.9T) + (n - 0.2n - 1) \cdot 0.9T = 1.44nT + 2.7T$$

نسبت زمان اجرای  $n$  دستور در حالت 3 مرحله ای به 4 مرحله ای به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$D = \frac{1.4nT + 2T}{1.44nT + 2.7T} = \frac{1.4n + 2}{1.44n + 2.7}$$

در صورتی که تعداد دستورات زیاد باشد، حد کسر بالا به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} D = \frac{1.4n}{1.44n} = \frac{1.4}{1.44} = 0.972$$